

Title	Control of Transport Properties of Single-Walled Carbon Nanotube Field Effect Transistors
Author(s)	上村, 崇史
Citation	
Issue Date	
oaire:version	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46765
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について ご参照 ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名 ^{かみ}上 ^{むら}村 ^{たか}崇 ^{ふみ}史

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 20392 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 18 年 3 月 24 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第 4 条第 1 項該当

基礎工学研究科物質創成専攻

学 位 論 文 名 Control of Transport Properties of Single-Walled Carbon Nanotube
Field Effect Transistors
(単層カーボンナノチューブ FET の伝導特性制御)

論 文 審 査 委 員 (主査)

教 授 松本 和彦

(副査)

教 授 冷水 佐壽 教 授 吉田 博

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、単層カーボンナノチューブ (SWNT) の素子への応用を目指し、以下の 3 点を目的として行った。

1. SWNT-電界効果型トランジスタ (SWNT-FET) への超低エネルギーイオン注入ドーピングによるキャリア密度制御、
2. 通電加熱法 (EHP) を用いた SWNT-FET の高接合障壁の原因の解明、
3. SWNT の一次元サブバンド構造の電気伝導測定による観察、

まず、SWNT へイオン注入ドーピングを行うために、25 eV の超低加速エネルギーイオン注入を実現する装置 (MSIBD) を開発し、酸素イオンを 1.8×10^{11} ions/cm² ~ 2.8×10^{13} ions/cm² の範囲のドーズ量で SWNT-FET へ注入した。その結果、酸素イオンが SWNT 中でドナーとして働く事を示した。また、電子電流は、正孔電流を超えないという結果も得た。これは、価電子帯側へ高い接合障壁の存在を示唆している (第 2 章)。

次に、接合障壁の影響を排除するため、埋め込み局所ゲート構造 (BLG) を SWNT-FET へ作り込み、チャネル中央部でのみゲート変調を行った。さらに、BLG-SWNT-FET へ MSIBD を用いて 7.5×10^{13} ions/cm² のドーズ量で超低エネルギー酸素イオン注入し、BLG-SWNT-FET のフェルミ準位が 0.58 eV 価電子帯側から伝導帯側へシフトすることがわかった。 (第 3 章)。

SWNT-FET は価電子帯側へ高い接合障壁を持つ。これは、SWNT-FET 上に吸着した酸素分子の帯電が原因だとする報告がある。吸着酸素分子を脱離するために、SWNT-FET へ過電流を流し、SWNT-FET を局所的に加熱する技術である EHP を開発した (第 4 章)。EHP を SWNT-FET へ適用し、SWNT と電極金属の仕事関数に依存した ambipolar 特性を得る事に成功した (第 5 章)。さらに、電極の表面酸化膜が SWNT-FET の特性に大きく影響を与えることも示した (第 6 章)。

EHP を SWNT-FET へ適用し、SWNT-SB トランジスタ (SWNT-SBT) を作製した。SWNT-SBT をゲートバイアスで変調する時、バンド構造と SB が SWNT のサブバンドに依存して段階的に変調する事を見出した。これを利用して、SWNT のバンド構造を電気伝導特性で観察した。 (第 7 章)。

超低エネルギーイオン注入技術と EHP を開発し、SWNT へのイオン注入ドーピングと価電子帯側への高い接合障

壁の原因解明と排除に成功した。また、EHPを用いてSWNT-SBTを作製し、SWNTのバンド構造を観察する手法を提案し、実現した。

論文審査の結果の要旨

本研究は、単層カーボンナノチューブ (SWNT) の素子への応用を目指し、以下の3点を目的として行った。

1. SWNT電界効果型トランジスタ (SWNT-FET) への超低エネルギーイオン注入ドーピングによるキャリア密度制御、
2. 通電加熱法 (EHP) を用いた SWNT-FET の高接合障壁の原因の解明、
3. SWNT の一次元サブバンド構造の電気伝導測定による観察、

まず、SWNTヘイオン注入ドーピングを行うために、25 eVの超低加速エネルギーイオン注入を実現する装置 (MSIBD) を開発し、酸素イオンを $1.8\text{E}11\text{ ions/cm}^2 \sim 2.8\text{E}13\text{ ions/cm}^2$ の範囲のドーズ量で SWNT-FET へ注入した。その結果、酸素イオンが SWNT 中でドナーとして働く事を示した。また、電子電流は、正孔電流を超えないという結果も得た。これは、価電子帯側へ高い接合障壁の存在を示唆している (第2章)。

次に、接合障壁の影響を排除するため、埋め込み局所ゲート構造 (BLG) を SWNT-FET へ作り込み、チャネル中央部でのみゲート変調を行った。さらに、BLG-SWNT-FET へ MSIBD を用いて $7.5\text{E}13\text{ ions/cm}^2$ のドーズ量で超低エネルギー酸素イオン注入し、BLG-SWNT-FET のフェルミ準位が 0.58 eV 価電子帯側から伝導帯側へシフトすることがわかった。(第3章)。

SWNT-FET は価電子帯側へ高い接合障壁を持つ。これは、SWNT-FET 上に吸着した酸素分子の帯電が原因だとする報告がある。吸着酸素分子を脱離するために、SWNT-FET へ過電流を流し、SWNT-FET を局所的に加熱する技術である EHP を開発した (第4章)。EHP を SWNT-FET へ適用し、SWNT と電極金属の仕事関数に依存した ambipolar 特性を得る事に成功した (第5章)。さらに、電極の表面酸化膜が SWNT-FET の特性に大きく影響を与えることも示した (第6章)。

EHP を SWNT-FET へ適用し、SWNT-SB トランジスタ (SWNT-SBT) を作製した。SWNT-SBT をゲートバイアスで変調する時、バンド構造と SB が SWNT のサブバンドに依存して段階的に変調する事を見出した。これを利用し、SWNT のバンド構造を電気伝導特性で観察した。(第7章)。

超低エネルギーイオン注入技術と EHP を開発し、SWNT へのイオン注入ドーピングと価電子帯側への高い接合障壁の原因解明と排除に成功した。また、EHP を用いて SWNT-SBT を作製し、SWNT のバンド構造を観察する手法を提案し、実現した。

これらの成果は博士 (工学) の学位論文として価値のあるものと認める。